

#2

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : Yoshiro Sato et al. Art Unit : Unknown
Serial No. : Unknown Examiner : Unknown
Filed : October 19, 2001
Title : WAVELENGTH SELECTING MODULE AND WAVELENGTH SELECTING
APPARATUS

10986 U.S. PTO
10/082823
10/19/01

BOX PATENT APPLICATION

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT UNDER 35 USC § 119

Applicants hereby confirm their claim of priority under 35 USC § 119 from Japanese
Application No. 2000-319465 filed October 19, 2000.

A certified copy of the application from which priority is claimed is submitted herewith.

Please apply any charges to Deposit Account No. 06-1050.

Respectfully submitted,

Date:

10-19-01

Y. Rocky Tsao
Y. Rocky Tsao
Reg. No. 34,053

225 Franklin Street
Boston, Massachusetts 02110-2804
Telephone: (617) 542-5070
Facsimile: (617) 542-8906

20332913.doc

CERTIFICATE OF MAILING BY EXPRESS MAIL

Express Mail Label No. EL485679998US

I hereby certify under 37 CFR §1.10 that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as Express Mail Post Office to Addressee with sufficient postage on the date indicated below and is addressed to the Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231.

Date of Deposit

October 19, 2001

Signature

Typed or Printed Name of Person Signing Certificate

Heroy Jenkins
Heroy Jenkins

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。 #2

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年10月19日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-319465

出 願 人

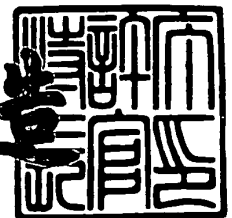
Applicant(s):

日本板硝子株式会社
ナノックス株式会社

2001年 9月12日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3083755

【書類名】 特許願

【整理番号】 PY20001863

【提出日】 平成12年10月19日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02F 1/13

【発明者】

【住所又は居所】 大阪市中央区道修町3丁目5番11号 日本板硝子 株式会社 内

【氏名】 佐藤 芳郎

【発明者】

【住所又は居所】 福島市岡島字長岬6-7 ナノックス 株式会社 内

【氏名】 高見 学

【特許出願人】

【識別番号】 000004008

【氏名又は名称】 日本板硝子 株式会社

【特許出願人】

【識別番号】 592196282

【氏名又は名称】 ナノックス 株式会社

【代理人】

【識別番号】 100068755

【住所又は居所】 岐阜市大宮町2丁目12番地の1

【弁理士】

【氏名又は名称】 恩田 博宣

【電話番号】 058-265-1810

【選任した代理人】

【識別番号】 100105957

【住所又は居所】 東京都渋谷区代々木二丁目10番4号 新宿辻ビル8階

【弁理士】

【氏名又は名称】 恩田 誠

【電話番号】 03-5365-3057

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002956

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9908293

【包括委任状番号】 0013669

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 波長選択モジュール及び波長選択装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 中心波長の異なる複数種類の光を含む光信号から特定波長の光を選択する波長選択モジュールであって、

前記光信号を平行光にするコリメータと、

同コリメータから出射される前記光信号のうちの特定波長の光を左右の円偏光に分け、ヘリカル方向と同じ旋光方向の円偏光を反射する第 1 状態と、前記光信号が透過する第 2 状態との間で、外部から加えられる物理的エネルギーに応じて変化する液晶を有する液晶セルと

を備え、

前記液晶に加える物理的エネルギーを変化させて同液晶を前記第 1 状態に変化させることにより、前記特定波長の光を前記液晶で反射させて取り出すことを特徴とする波長選択モジュール。

【請求項 2】 前記液晶セルは、前記液晶の対向する表面に設けた一对の透明電極を有し、同透明電極に印加する前記物理的エネルギーとしての電圧を変化させることを特徴とする請求項 1 に記載の波長選択モジュール。

【請求項 3】 前記液晶は、コレステリック液晶或いはカイラルネマチック液晶であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の波長選択モジュール。

【請求項 4】 前記液晶セルの入射側に配置される前記コリメータは、前記光信号を前記液晶セルに略垂直に入射させる 2 芯コリメータであることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の波長選択モジュール。

【請求項 5】 前記液晶セルの出射側には、同液晶セルの透過光を平行光にする 1 芯コリメータが配置されていることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の波長選択モジュール。

【請求項 6】 前記液晶セルの入射側に配置される前記コリメータは、前記光信号を前記液晶セルに斜めに入射させる 1 芯コリメータと、前記液晶セルで反射される特定波長の光を平行光にする 1 芯コリメータとを含むことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の波長選択モジュール。

【請求項 7】 前記液晶セルの出射側には、前記液晶セルから斜めに出射する透過光を平行光にする 1 芯コリメータが配置されていることを特徴とする請求項 6 に記載の波長選択モジュール。

【請求項 8】 前記液晶セルの入射側には、前記光信号を前記液晶のヘリカル方向と同じ旋光方向の円偏光に変換する波長板が配置されていることを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の波長選択モジュール。

【請求項 9】 前記液晶セルの出射側には、前記波長板で変換された円偏光を無偏光の光に戻す波長板が配置されていることを特徴とする請求項 8 に記載の波長選択モジュール。

【請求項 1 0】 請求項 1 ～ 9 のいずれか一項に記載の波長選択モジュールを複数個備え、中心波長の異なる複数種類の光を含む光信号から、波長の異なる光を 1 種類以上選択する波長選択装置であって、

前記複数個の波長選択モジュールの各々は、光ファイバを介して縦接続されているとともに、前記液晶が前記第 1 状態にあるときに異なる波長の光を反射するように構成されていることを特徴とする波長選択装置。

【請求項 1 1】 前記複数個の波長選択モジュールの各液晶に印加する電圧を個別に変化させることにより、前記複数個の波長選択モジュールの少なくとも 1 つの液晶を前記第 1 状態に変化させることを特徴とする請求項 1 0 に記載の波長選択装置。

【請求項 1 2】 前記複数個の波長選択モジュールの各液晶セルの入射側には、前記光信号を前記液晶のヘリカル方向と同じ旋光方向の円偏光に変換する波長板が、その出射側には、前記波長板で変換された円偏光を無偏光の光に戻す波長板がそれぞれ配置されていることを特徴とする請求項 1 0 又は 1 1 に記載の波長選択装置。

【請求項 1 3】 中心波長の異なる複数種類の光を含む光信号から、波長の異なる光を 1 種類以上選択する波長選択装置であって、

前記光信号を平行光にするコリメータと、

同コリメータから出射される前記光信号のうち、波長の異なる 1 種類以上の光を反射する液晶セル・ユニットとを備え、

同液晶セル・ユニットは、前記光信号のうちの特定波長の光を左右の円偏光に分け、前記液晶のヘリカル方向と同じ旋光方向の円偏光を反射する第 1 状態と、前記光信号が透過する第 2 状態との間で、外部から加えられる物理的エネルギーに応じて変化する液晶と、同液晶の対向する表面に設けた一对の透明電極とからなる 1 組の液晶セルを複数組積層して構成されており、

前記複数組の液晶セルの各透明電極に印加する電圧を個別に変化させることにより、前記複数組の液晶セルの少なくとも 1 つの液晶を前記第 1 状態に変化させることを特徴とする波長選択装置。

【請求項 1 4】 前記液晶セル・ユニットの入射側には、前記光信号を前記液晶のヘリカル方向と同じ旋光方向の円偏光に変換する波長板が、その出射側には、前記波長板で変換された円偏光を無偏光の光に戻す波長板が配置されていることを特徴とする請求項 1 3 に記載の波長選択装置。

【請求項 1 5】 前記液晶セル・ユニットの出射側には、前記波長板で変換された円偏光を無偏光の光に戻す波長板が配置されていることを特徴とする請求項 1 3 又は 1 4 に記載された波長選択装置。

【請求項 1 6】 前記液晶セル・ユニットの入射側に配置される前記コリメータは 1 芯コリメータであり、同 1 芯コリメータは、少なくとも 3 つの端子を有する光サーキュレータと 1 本の光ファイバを介して接続されていることを特徴とする請求項 1 3 ～ 1 5 のいずれか一項に記載された波長選択装置。

【請求項 1 7】 前記液晶セル・ユニットの出射側には、同ユニットの透過光を平行光にする 1 芯コリメータが配置されていることを特徴とする請求項 1 3 ～ 1 6 のいずれか一項に記載の波長選択装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信、例えば波長多重通信等に用いられる光学素子に関し、特に、中心波長の異なる複数種類の光を含む光信号から特定波長の光を選択する波長選択モジュール、及び、同光信号から波長の異なる光を 1 種類以上選択する波長選択装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、光ファイバーやコリメータレンズを用いた光学素子が光通信用器材として用いられている。今後、光通信が広く普及してくると、光通信用器材の小型化及び集積化がますます必要になってくる。また、光通信には、光を波長毎に選択的に分波する技術が必要となる。そのためのフィルタモジュールとして、高屈折率誘電体層と低屈折率誘電体層を交互に積層した多層膜フィルタ、例えば、エッジフィルタ、狭帯域フィルタ等を用いたものが知られている（図11参照）。

【0003】

同図に示す従来のフィルタモジュール100は、中心波長の異なる複数種類の光（ $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の光）を含む光信号から、特定波長の光を選択するもので、2芯コリメータ101と、1芯コリメータ102と、両コリメータ間に設けられた多層膜フィルタ103とからなる。2芯コリメータ101は、2本の光ファイバを保持した2芯キャピラリ104と、ロッドレンズ等で構成されるコリメータレンズ105とからなる。また、1芯コリメータ102は、1本の光ファイバを保持した1芯キャピラリ106と、コリメータレンズ107とからなる。また、符号108はスリーブである。このフィルタモジュール100では、中心波長が $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の光を含む光信号のうち、特定波長（例えば λ_1 ）の光のみが透過し、残りの波長 $\lambda_2 \sim \lambda_n$ の光は反射される。

【0004】

また、互いに中心波長の異なる光を透過させる上記フィルタモジュール100を複数個用意し、これら複数個のフィルタモジュール100A、100B、100C、・・・を図12に示すようにカスケードに接続した波長選択装置が知られている。この装置では、フィルタモジュール100Aにより、中心波長 λ_1 の光が選択されて透過し、残りの光（ $\lambda_2 \sim \lambda_n$ の光）は反射され、フィルタモジュール100Bにより、中心波長 λ_2 の光が選択されて透過し、残りの光（ $\lambda_3 \sim \lambda_n$ の光）は反射され、フィルタモジュール100Cにより、中心波長 λ_3 の光のみが選択され透過し、残りの光（ $\lambda_4 \sim \lambda_n$ ）は反射される。以下、同様にし

て中心波長が λ_4 , λ_5 , \dots λ_n の各光が順次選択される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、図11に示す上記従来のフィルタモジュール100では、その多層膜フィルタ103の波長選択特性で決まる特定波長の光（ここでは、 λ_1 の光）が常に変更される。このため、こうしたフィルタモジュールを使用する場合には、特定波長の光の選択及び非選択を切り替えることができないという問題があった。

【0006】

また、図12に示す上記従来の波長選択装置では、下記の問題点があった。

(a) 複数個 (n 個) のフィルタモジュール100A, 100B, 100C, \dots の各々により、中心波長 λ_1 , λ_2 , λ_3 , \dots の光が常に変更されてしまい、 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の光を含む光信号のうちから1種類以上の光を任意に変更することができない。

【0007】

(b) 各フィルタモジュールで選択されない光を含む光信号は同モジュールで反射されて次段のフィルタモジュールに入射するので、光信号が各フィルタモジュールで反射される度にロスがあり、こうしたロスが加算されていく。すなわち、 $\lambda_2 \sim \lambda_n$ の各光は、フィルタモジュール100Aで反射される際のロスにより強度が低下するので、フィルタモジュール100Bで選択される λ_2 の光は、最初の強度よりも低下している。また、 $\lambda_3 \sim \lambda_n$ の各光は、フィルタモジュール100Bで反射される際のロスによりさらに強度が低下するので、フィルタモジュール100Cで選択される λ_3 の光は、 λ_2 の光よりもさらに強度が低下している。こうして、選択される順番が後になる光ほど、強度が次第に低下していく。

【0008】

このため、フィルタモジュールを多段に接続してその接続数を多くするほど、変更される各波長の光の損失（光強度の減衰）が大きくなってしまいう問題があった。こうした問題を回避するためには、各フィルタモジュールの接続の仕

方を工夫する必要があるとともに、選択された光の強度が要求値より小さくなってしまう場合には、その光の強度を増幅器で増幅する必要があった。したがって、情報量の多い光通信システム等を構築する際に、大きな障害となっていた。

【0009】

本発明は、このような従来の問題点に着目してなされたもので、その目的は、特定波長の光の選択及び非選択を切替え可能な波長選択モジュールを提供することにある。また、本発明の別の目的は、中心波長の異なる複数種類の光を含む光信号から1種類以上の光を任意に選択可能で、選択光の強度低下を抑制できる波長選択装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、請求項1に係る発明は、中心波長の異なる複数種類の光を含む光信号から特定波長の光を選択する波長選択モジュールであって、前記光信号を平行光にするコリメータと、同コリメータから出射される前記光信号のうちの特定波長の光を左右の円偏光に分け、ヘリカル方向と同じ旋光方向の円偏光を反射する第1状態と、前記光信号が透過する第2状態との間で、外部から加えられる物理的エネルギーに応じて変化する液晶を有する液晶セルとを備え、前記液晶に加える物理的エネルギーを変化させて同液晶を前記第1状態に変化させることにより、前記特定波長の光を前記液晶で反射させて取り出すことを特徴としている。

【0011】

この構成によれば、液晶に加える物理的エネルギーを変化させて同液晶を前記第1状態に変化させることにより、特定波長の光のうち、ヘリカル方向と同じ旋光方向の円偏光のみが反射され、残りの光は透過する。また、物理的エネルギーを変化させて同液晶を前記第2状態に変化させることにより、特定波長の光は選択されずに、他の波長の光とともに液晶を透過する。こうして、特定波長の光の選択及び非選択の切替えが可能になり、光通信用光学素子として広い用途で使うことができる。なお、液晶セルの液晶に加える物理的エネルギーとしては、熱、電場、磁場、力等が挙げられる。

【 0 0 1 2 】

請求項 2 に係る発明は、請求項 1 に記載の波長選択モジュールにおいて、前記液晶セルは、前記液晶の対向する表面に設けた一対の透明電極を有し、同透明電極に印加する前記物理的エネルギーとしての電圧を変化させることを特徴としている。

【 0 0 1 3 】

この構成によれば、透明電極に印加する電圧を変化、例えばオン、オフさせることにより特定波長の光の選択及び非選択を切り替えるので、その切替えが容易になる。したがって、光通信用光学素子として広い用途での使用が一層容易になる。

【 0 0 1 4 】

請求項 3 に係る発明は、請求項 1 又は 2 に記載の波長選択モジュールにおいて、前記液晶は、コレステリック液晶或いはカイラルネマチック液晶であることを特徴としている。

【 0 0 1 5 】

請求項 4 に係る発明は、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の波長選択モジュールにおいて、前記液晶セルの入射側に配置される前記コリメータは、前記光信号を前記液晶セルに略垂直に入射させる 2 芯コリメータであることを特徴としている。

【 0 0 1 6 】

この構成によれば、液晶で反射されて選択される特定波長の光を、2 芯コリメータで平行光にして取り出すことができるので、選択光を他の光通信用光学素子等へ容易に送ることができる。したがって、光ファイバとの光学結合が容易かつ高効率で実現できる構成であるため、光通信システムの構築の容易化に寄与することができる。

【 0 0 1 7 】

請求項 5 に係る発明は、請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の波長選択モジュールにおいて、前記液晶セルの出射側には、同液晶セルの透過光を平行光にする 1 芯コリメータが配置されていることを特徴としている。

【 0 0 1 8 】

この構成によれば、液晶の透過光を 1 芯コリメータで平行光にして他の光通信用光学素子等へ出射することができる。これによっても、光ファイバとの光学結合が容易かつ高効率で実現することができるので、光通信システムの構築の容易化に寄与することができる。

【 0 0 1 9 】

請求項 6 に係る発明は、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の波長選択モジュールにおいて、前記液晶セルの入射側に配置される前記コリメータは、前記光信号を前記液晶セルに斜めに入射させる 1 芯コリメータと、前記液晶セルで反射される特定波長の光を平行光にする 1 芯コリメータとを含むことを特徴としている。

【 0 0 2 0 】

この構成によれば、液晶セルの入射側に配置するコリメータは、1 芯のものを 2 つ使うことになるが、2 芯コリメータを用いる場合よりも、光ファイバの調芯作業が容易になり、製造が容易になる。

【 0 0 2 1 】

請求項 7 に係る発明は、請求項 6 に記載の波長選択モジュールにおいて、前記液晶セルの出射側には、前記液晶セルから斜めに出射する透過光を平行光にする 1 芯コリメータが配置されていることを特徴としている。

【 0 0 2 2 】

この構成によれば、液晶セルから斜めに出射する透過光を 1 芯コリメータにより平行光にして他の光通信用光学素子等へ出射することができる。これによって、光ファイバとの光学結合が容易かつ高効率で実現することができるので、光通信システムの構築の容易化に寄与することができる。

【 0 0 2 3 】

請求項 8 に係る発明は、請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の波長選択モジュールにおいて、前記液晶セルの入射側に、前記光信号をヘリカル方向と同じ旋光方向の円偏光に変換する波長板が配置されていることを特徴としている。

【 0 0 2 4 】

この構成によれば、光信号は波長板によりヘリカル方向と同じ旋光方向の円偏光に変換されて液晶セルに入射する。このため、前記液晶を第 1 状態にしたときに、円偏光に変換された特定波長の光の全てが液晶で反射される。したがって、特定波長の選択光の反射効率を略 1 0 0 % にすることができる。

【 0 0 2 5 】

請求項 9 に係る発明は、請求項 8 に記載の波長選択モジュールにおいて、前記液晶セルの出射側に、前記波長板で変換された円偏光を無偏光の光に戻す波長板が配置されていることを特徴としている。

【 0 0 2 6 】

この構成によれば、液晶を透過する光（円偏光の光）は液晶セルの出射側に設けた波長板により無偏光の光に戻されてコリメータを介して出射されるので、この出射光を受ける他の波長選択モジュール等の光通信用光学素子側で円偏光を波長板等で無偏光の光に戻す必要がない。

【 0 0 2 7 】

請求項 1 0 に係る発明は、請求項 1 ～ 9 のいずれか一項に記載の波長選択モジュールを複数個備え、中心波長の異なる複数種類の光を含む光信号から、波長の異なる光を 1 種類以上選択する波長選択装置であって、前記複数個の波長選択モジュールの各々は、光ファイバを介して縦接続されているとともに、前記液晶が前記第 1 状態にあるときに異なる波長の光を反射するように構成されていることを特徴としている。

【 0 0 2 8 】

この構成によれば、複数個の波長選択モジュールのうちの、選択したい波長の光に対応する波長選択モジュールの液晶に加える電圧等の物理的エネルギーを変化させてその液晶を前記第 1 状態にすることにより、中心波長の異なる複数種類の光を含む光信号から、波長の異なる光を 1 種類以上任意に選択することができる。

【 0 0 2 9 】

また、複数個の波長選択モジュールのいずれかで選択される波長の光については、液晶で反射される際の反射ロスは多少あるが、選択されない波長の光につい

てはロスはない。換言すると、各波長の光は、その光が選択される波長選択モジュールの液晶に到達するまでは、他の波長選択モジュールの液晶をそのまま透過するので、前記到達までの間で強度が次第に低下することはない。したがって、各波長の光の強度低下を抑制することができる。その結果、波長選択モジュールを多段に接続して選択可能な波長の種類を増やし、情報量の多い大規模な光通信システムを構築する場合に、特に有効となる。

【 0 0 3 0 】

請求項 1 1 に係る発明は、請求項 1 0 に記載の波長選択装置において、前記複数の波長選択モジュールの各液晶に印加する電圧を個別に変化させることにより、前記複数の波長選択モジュールの少なくとも 1 つの液晶を前記第 1 状態に変化させることを特徴としている。

【 0 0 3 1 】

この構成によれば、複数の波長選択モジュールのうちの、選択したい波長の光に対応する波長選択モジュールの透明電極に印加する電圧を変化させ、例えばオン、オフさせてその液晶を前記第 1 状態にすることにより、中心波長の異なる複数種類の光を含む光信号から、波長の異なる光を 1 種類以上容易に選択することができる。

【 0 0 3 2 】

請求項 1 2 に係る発明は、請求項 1 0 又は 1 1 に記載の波長選択装置において、前記複数の波長選択モジュールの各液晶セルの入射側には、前記光信号を前記液晶のヘリカル方向と同じ旋光方向の円偏光に変換する波長板が、その出射側には、前記波長板で変換された円偏光を無偏光の光に戻す波長板がそれぞれ配置されていることを特徴としている。

【 0 0 3 3 】

この構成によれば、複数の波長選択モジュールの各々は、液晶セルの入射側及び出射側に波長板をそれぞれ備えているので、各モジュールでは、特定波長の光の全てが液晶で反射され、選択される選択光の反射効率を略 1 0 0 % にすることができる。これによって、各波長の光の損失をより一層抑制することができ、大規模な光通信システムを構築する場合に、より一層有効となる。

【0034】

また、液晶を透過する光は右円偏光又は左円偏光の光になっているが、この光は液晶セルの出射側に設けた波長板により無偏光の光に戻されてコリメータを介して出射されるので、この出射光を受ける他の波長選択モジュール等の光通信用光学素子側で円偏光を波長板等で無偏光の光に戻す必要がない。

【0035】

請求項13に係る発明は、中心波長の異なる複数種類の光を含む光信号から、波長の異なる光を1種類以上選択する波長選択装置であって、前記光信号を平行光にするコリメータと、同コリメータから出射される前記光信号のうち、波長の異なる1種類以上の光を反射する液晶セル・ユニットとを備え、同液晶セル・ユニットは、前記光信号のうちの特定波長の光を左右の円偏光に分け、前記液晶のヘリカル方向と同じ旋光方向の円偏光を反射する第1状態と、前記光信号が透過する第2状態との間で、外部から加えられる物理的エネルギーに応じて変化する液晶と、同液晶の対向する表面に設けた一対の透明電極とからなる1組の液晶セルを複数組積層して構成されており、前記複数組の液晶セルの各透明電極に印加する電圧を個別に変化させることにより、前記複数組の液晶セルの少なくとも1つの液晶を前記第1状態に変化させることを特徴としている。

【0036】

この構成によれば、各液晶セルの透明電極に印加する電圧を個別に変化させることにより、中心波長の異なる複数種類の光を含む光信号から、波長の異なる光を1種類以上任意に選択することができる。

【0037】

また、複数組の液晶セルのいずれかで選択される波長の光については、適当な樹脂等を用いて液晶セル間の屈折率マッチングをとっておくことが望ましい。この場合には液晶で反射される際の反射ロスはあるが、選択されない波長の光についてはロスはない。換言すると、各波長の光は、その光が選択される液晶セルの液晶に到達するまでは、他の液晶セルの液晶をそのまま透過するので、前記到達までの間で強度が次第に低下することはない。したがって、各波長の光の強度低下を抑制することができる。その結果、積層する液晶セルの組数を増やして

選択可能な波長の種類を増やし、情報量の多い大規模な光通信システムを構築する場合に、特に有効となる。

【 0 0 3 8 】

請求項 1 4 に係る発明は、請求項 1 3 に記載の波長選択装置において、前記液晶セル・ユニットの入射側には、前記光信号を前記液晶のヘリカル方向と同じ旋光方向の円偏光に変換する波長板が配置されていることを特徴としている。

【 0 0 3 9 】

この構成によれば、液晶セル・ユニットの入射側に波長板を設けてあるので、各液晶セルでは、前記円偏光にそれぞれ変換された各波長の光の全てが対応する液晶セルの液晶で反射される。このため、各液晶セルで選択される選択光の反射効率を略 1 0 0 % にすることができる。これとともに、液晶セル・ユニットを構成する複数組の液晶セルに対して波長板を 1 個設ければよいので、その液晶セルの組数を増やす場合でも、波長板を増やす必要がない。したがって、各液晶セルで選択される各波長の光の損失を抑制することができるとともに、少ない部品点数で上記の大規模な光通信システムを構築することができる。

【 0 0 4 0 】

請求項 1 5 に係る発明は、請求項 1 3 又は 1 4 に記載された波長選択装置において、前記液晶セル・ユニットの出射側には、前記波長板で変換された円偏光を無偏光の光に戻す波長板が配置されていることを特徴としている。

【 0 0 4 1 】

この構成によれば、液晶セル・ユニットの出射光を波長板により無偏光の光に戻して他の光通信用光学素子等へ送ることができるので、同光学素子等で円偏光を無偏光の光に変換する必要がない。

【 0 0 4 2 】

請求項 1 6 に係る発明は、請求項 1 3 ～ 1 5 のいずれか一項に記載された波長選択装置において、前記液晶セル・ユニットの入射側に配置される前記コリメータは 1 芯コリメータであり、同コリメータは、少なくとも 3 つの端子を有する光サーキュレータと 1 本の光ファイバを介して接続されている。

【 0 0 4 3 】

この構成によれば、光サーキュレータと波長選択装置との間を1本の光ファイバで接続できるので、液晶セル・ユニットの入射側には、2芯コリメータではなく1芯コリメータを設ければよい。このため、入射側での光ファイバの調芯作業が容易になるとともに、構成の簡略化を図ることができる

請求項17に係る発明は、請求項13～16のいずれか一項に記載の波長選択装置において、前記液晶セル・ユニットの出射側には、同ユニットの透過光を平行光にする1芯コリメータが配置されていることを特徴としている。

【0044】

この構成によれば、液晶セル・ユニットの出射光を1芯コリメータで平行光にして他の光通信用光学素子等へ出射することができる。これによって、光ファイバとの光学結合が容易かつ高効率で実現することができるので、光通信システムの構築の容易化に寄与することができる。

【0045】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の各実施形態を図面に基づいて説明する。

〔第1実施形態〕

第1実施形態に係る波長選択モジュールを、図1に基づいて説明する。この波長選択モジュール21は、中心波長の異なる複数種類の光($\lambda_1 \sim \lambda_n$)を含む光信号(混合光)から、特定波長の光(例えば λ_1 の光)を選択するものである。この波長選択モジュール21は、液晶セル22と、同セルの入射側に配置された2芯コリメータ23と、その出射側に配置された1芯コリメータ24と、これらを保持するスリーブ等の保持部材(或いはケース)25とを備える。

【0046】

液晶セル(LCセル)22は、コレステリック液晶26と、同液晶26の対向する表面に設けた一対の透明電極27、27とを有する。両透明電極27、27には、端子28、28がそれぞれ接続されている。これらの端子28、28に入力する電圧信号としてのパルス信号のオン、オフを制御することにより、両透明電極27、27間に印加する電圧をオン、オフさせることができる。

【0047】

コレステリック液晶26は、2芯コリメータ23から平行光で出射される光信号のうちの特定波長($\lambda 1$)の光を左旋光と右旋光の2つの円偏光に分ける「円偏光二色性」と、その特定波長の光についてヘリカル方向と同じ旋光方向の円偏光を選択的に反射させる「選択反射効果」とを有する液晶である。

【0048】

すなわち、コレステリック液晶26は、入射する光信号のうちの特定波長の光を左右の円偏光に分け、ヘリカル方向と同じ旋光方向の円偏光を選択的に反射させる第1状態(プレナーテクスチャー)と、光信号を透過させる第2状態(ホメオトロピックテクスチャー)との間で、透明電極27、27に印加される電圧に応じて変化する液晶である。

【0049】

ここで、円偏光の旋光方向を入射光に向かって定義し、かつ、コレステリック液晶26は右旋性液晶でそのヘリカル方向を右とすると、ヘリカル方向と逆の旋光方向の左円偏光は透過し、ヘリカル方向と同じ旋光方向の右円偏光は選択的に散乱反射される。

【0050】

最大の散乱反射(選択光散乱)は、次の波長 $\lambda 0$ (図10で示す最大の選択光散乱波長 $\lambda 0$)で生じる。

$$\lambda 0 = n \cdot p \quad \dots (1) \text{ 式}$$

ここで、 p はコレステリック液晶26のヘリカルピッチである。 n は同液晶26のヘリカル軸に直交する平面内の平均屈折率で、同屈折率 n は、

$$n = \sqrt{(n_{\parallel}^2 + n_{\perp}^2) * 2} \quad \dots (2) \text{ 式}$$

で表される。

【0051】

また、散乱反射光の波長バンド幅 $\Delta \lambda$ は、

$$\Delta \lambda = \Delta n \cdot p \quad \dots (3) \text{ 式}$$

で表される。ここで、 $\Delta n = n_{\parallel} - n_{\perp}$ である。

【0052】

また、本例では、最大の選択光散乱波長 $\lambda 0$ が例えば特定波長 $\lambda 1$ となるよう

に、平均屈折率 n 及びヘリカルピッチ p 等を設定してある。

また、コレステリック液晶 2 6 は、例えば、両透明電極 2 7, 2 7 間に電圧が印加されたときには、全ての光が透過し、その間に電圧が印加されなくなると、特定波長 ($\lambda 1$) の光に対し、ヘリカル方向と同じ旋光方向の右円偏光を反射 (散乱反射) させるようになっている。

【 0 0 5 3 】

また、2 芯コリメータ 2 3 は、2 つの光ファイバ 2 9, 3 0 を保持した 2 芯キャピラリ 3 1 と、ロッドレンズ等のコリメータレンズ 3 2 とからなり、光ファイバ 2 9 を通ってコリメータレンズ 3 2 で平行光にされた光信号が液晶セル 2 2 に垂直に入射するようになっている。同液晶セル 2 2 で反射される光は、コリメータレンズ 3 2 を通って光ファイバ 3 0 に入射し、同ファイバから平行光で出射されるようになっている。

【 0 0 5 4 】

一方、1 芯コリメータ 2 4 は、1 つの光ファイバ 3 3 を保持した 1 芯キャピラリ 3 4 と、ロッドレンズ等のコリメータレンズ 3 5 とからなり、液晶セル 2 2 を透過した光がコリメータレンズ 3 5 で平行光にされて光ファイバ 3 3 に入射し、同ファイバから出射されるようになっている。

【 0 0 5 5 】

以上のように構成された第 1 実施形態によれば、以下の作用効果を奏する。

(イ) 透明電極 2 7, 2 7 間に電圧が印加されているとすると、コレステリック液晶 2 6 は前記第 2 状態にある。このため、複数種類の光 ($\lambda 1 \sim \lambda n$ の光) を含む光信号が光ファイバ 2 9 を通りコリメータレンズ 3 2 で平行光にされて液晶セル 2 2 に垂直に入射すると、その光信号は、液晶セル 2 2 を透過し、コリメータレンズ 3 5 で平行光にされて光ファイバ 3 3 に入射し、同ファイバから平行光で出射される。すなわち、この場合には、光信号に含まれるいずれの波長の光も選択されない。

【 0 0 5 6 】

透明電極 2 7, 2 7 間に電圧が印加されなくなると、コレステリック液晶 2 6 は前記第 1 状態になる。このため、光信号が液晶セル 2 2 に垂直に入射すると、

コレステリック液晶 26 は、光信号のうちの特定波長 ($\lambda 1$) の光を左右の円偏光に分け、ヘリカル方向と同じ旋光方向の右円偏光(波長 $\lambda 1$ の右円偏光)を選択的に反射させる。この選択された特定波長 ($\lambda 1$) の光は、コリメータレンズ 32 で平行光にされて光ファイバ 30 に入射し、同光ファイバから平行光で出射される。

【0057】

こうして、両端子 28, 28 に入力するパルス信号をオフにして、両透明電極間の印加電圧を 0 にすることにより、特定波長の光 (例えば $\lambda 1$ の光) を光ファイバ 30 から取り出すことができる。

【0058】

したがって、特定波長の光の選択及び非選択を容易に切り替えことができ、光通信用光学素子として広い用途で使用する事ができる。

(ロ) 平均屈折率 n 及びヘリカルピッチ p 等を適宜設定することにより、コレステリック液晶 26 で反射される光の波長を異ならせた波長選択モジュール 21 を容易に作ることができる。

【0059】

(ハ) 液晶セル 22 の入射側に 2 芯コリメータ 23 が配置されているので、コレステリック液晶 26 で反射される特定波長の光を、コリメータレンズ 32 で平行光にして光ファイバ 30 から取り出すことができる。したがって、光ファイバとの光学結合が容易かつ高効率で実現できる構成であるため、光通信システムの構築の容易化に寄与することができる。

【0060】

(ニ) 液晶セル 22 の出射側に 1 芯コリメータ 24 が配置されているので、コレステリック液晶 26 の透過光を平行光にして光ファイバ 33 から出射させることができる。これにより、他の波長選択モジュール等の光通信用光学素子へ光信号を容易に送ることができる。これによっても、光ファイバとの光学結合が容易かつ高効率で実現することができるので、光通信システムの構築の容易化に寄与することができる。

【0061】

〔第2実施形態〕

次に、第2実施形態に係る波長選択モジュールを図2に基づいて説明する。本実施形態に係る波長選択モジュール21Aでは、液晶セル22の両透明電極27、27の外側に、波長板40、41がそれぞれ配置されている。波長板40は、コリメータレンズ32と液晶セル22の入射側にある透明電極27との間に配置されている。また、波長板41は、液晶セル22の出射側にある透明電極27とコリメータレンズ35との間に配置されている。

【0062】

波長板40は、コリメータレンズ32で平行光にされる光信号を、コレステリック液晶26のヘリカル方向と同じ旋光方向の円偏光に変換する偏光板である。本例では、コレステリック液晶26は右旋性液晶でそのヘリカル方向は右であるので、波長板40は光信号を右円偏光に変換する。一方、波長板41は、波長板40で右円偏光に変化され、コレステリック液晶26を透過する右円偏光の光を無偏光の光に戻すための偏光板である。

【0063】

本実施形態の他の構成は、上記第1実施形態と同じである。

このように構成された第2実施形態によれば、以下の作用効果を奏する。

(ホ) 上記第1実施形態では、透明電極27、27間の印加電圧を0にしたときに、コレステリック液晶26の液晶セル22で反射される光は、第1状態にあるコレステリック液晶26により左右の円偏光に分けられた特定波長($\lambda 1$)の光のうちの右円偏光の光であるので、選択光の反射効率は50%程度になっている。

【0064】

これに対して、第2実施形態によれば、コリメータレンズ32で平行光にされた光信号は波長板40により右円偏光に変換されて液晶セル22に入射する。このため、前記印加電圧を0にしたときに、右円偏光に変換された特定波長($\lambda 1$)の光の全てが液晶セル22で反射される。したがって、特定波長の選択光の反射効率を略100%にすることができる。

【0065】

(ヘ) コレステリック液晶 2 6 で反射される特定波長 ($\lambda 1$) の光 (右円偏光) は、波長板 4 0 で無偏光の光に戻されて光ファイバ 3 0 から出射されるので、この出射光を受ける他の光通信用光学素子側で円偏光を波長板等で無偏光の光に戻す必要がない。したがって、光ファイバとの光学結合が容易かつ高効率で実現できる構成であるため、光通信システムの構築の容易化に寄与することができる。

【 0 0 6 6 】

(ト) 液晶セル 2 2 を透過する光は右円偏光の光になっているが、この光は波長板 4 1 により無偏光の光に戻されて光ファイバ 3 3 から出射されるので、この出射光を受ける他の波長選択モジュール等の光通信用光学素子側で円偏光を波長板等で無偏光の光に戻す必要がない。これによっても、光ファイバとの光学結合が容易かつ高効率で実現することができるので、光通信システムの構築の容易化に寄与することができる。

【 0 0 6 7 】

[第 3 実施形態]

次に、第 3 実施形態を図 3 に基づいて説明する。

本実施形態に係る波長選択モジュール 2 1 B では、液晶セル 2 2 の入射側には、光信号を平行光にして液晶セル 2 2 に斜めに入射させる 1 芯コリメータ 5 0 と、液晶セル 2 2 で反射される特定波長の光を平行光にして出射させる 1 芯コリメータ 5 1 とが配置されている。また、液晶セル 2 2 の出射側には、コレステリック液晶 2 6 を斜めに透過する光を平行光にして斜めに出射させる 1 芯コリメータ 5 2 が配置されている。

【 0 0 6 8 】

1 芯コリメータ 5 0 は、1 本の光ファイバ 5 3 を保持する 1 芯キャピラリ 5 4 と、コリメータレンズ 5 5 とからなる。また、1 芯コリメータ 5 1 は、1 本の光ファイバ 5 6 を保持する 1 芯キャピラリ 5 7 と、コリメータレンズ 5 8 とからなる。そして、1 芯コリメータ 5 2 は、1 本の光ファイバ 5 9 を保持する 1 芯キャピラリ 6 0 と、コリメータレンズ 6 1 とからなる。その他の構成は、上記第 1 実施形態と同じである。

【0069】

このように構成された第3実施形態によれば、以下の作用効果を奏する。

(チ) 液晶セル22の入射側に配置するコリメータは、1芯のものを2つ使うことになるが、2芯コリメータを用いる場合よりも、光ファイバ53、56とコリメータレンズ55、58との調整(調芯)作業が容易で、製造が容易になる。

【0070】

[第4実施形態]

次に、本発明の第4実施形態に係る波長選択装置を図4及び図5に基づいて説明する。

【0071】

この波長選択装置は、図2に示す波長選択モジュール21Aと同じ波長選択モジュールM1～M4を複数個(本例では4個)備え、中心波長の異なる複数種類の光($\lambda_1 \sim \lambda_4$ の光)を含む光信号から、波長の異なる光を1種類以上選択するものである。

【0072】

4個の波長選択モジュールM1～M4は、光ファイバ65、66、67を介してカスケードに接続されている。また、4個の波長選択モジュールM1～M4の各々は、互いに異なる波長の光を選択するようになっている。

【0073】

すなわち、4個の波長選択モジュールM1～M4は、各液晶セル22(LC1～LC4)のコレステリック液晶26の平均屈折率 n 及びヘリカルピッチ p 等を適宜設定することにより、各コレステリック液晶26で反射されて選択される光の波長がそれぞれ異なるように作られている。例えば、本例では、波長選択モジュールM1、M2、M3、M4の各コレステリック液晶26により、波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 の光がそれぞれ反射されて選択されるようになっている。

【0074】

また、4個の波長選択モジュールM1～M4の各端子28、28に入力されるパルス信号のオン、オフを制御するコントローラ70を備えている。そして、4個の波長選択モジュールM1～M4は、1つのケース68内に保持されており、

これによりモジュール化された1つの波長選択装置が構成されている。

【0075】

このように構成された第4実施形態によれば、以下の作用効果を奏する。

(リ) 1種類の光、例えば波長 λ_1 の光のみを選択する場合には、波長選択モジュールM1の端子28, 28に出力するパルス信号をコントローラ70によりオフにして、同モジュールM1の透明電極27, 27に印加する電圧を0にする。その他の波長選択モジュールM2~M4の各端子28, 28には、パルス信号を出力しておく。これによって、波長選択モジュールM1のコレスティック液晶26のみが第1状態になる。このため、波長板40で右円偏光に変換された光($\lambda_1 \sim \lambda_4$)のうち、波長 λ_1 の光が波長選択モジュールM1のコレスティック液晶26で反射され、この反射光は波長板40で無偏光の光に戻され、平行光にされて光ファイバ30から出射される。

【0076】

また、波長の異なる2種類以上の光、例えば波長 λ_1 , λ_2 の光を同時に選択する場合には、波長選択モジュールM1, M2の各端子28, 28に出力するパルス信号をコントローラ70によりオフにし、その他の波長選択モジュールM3, M4の各端子28, 28には、パルス信号を出力しておく。これによって、波長選択モジュールM3, M4の各コレスティック液晶26がそれぞれ第1状態になる。このため、波長選択モジュールM1, M2の各コレスティック液晶26でそれぞれ反射され、波長板40で無偏光の光にそれぞれ戻された波長 λ_1 , λ_2 の光が各モジュールM1, M2から個別に平行光で出射される。

【0077】

また、波長 λ_3 の光のみを選択する場合には、波長選択モジュールM3の各端子28, 28に出力するパルス信号をコントローラ70によりオフにする。これによって、波長選択モジュールM3のコレスティック液晶26のみが第1状態になる。このため、波長選択モジュールM3のコレスティック液晶26で反射された波長 λ_3 の光が同モジュールM3から平行光で出射される。

【0078】

したがって、各波長選択モジュールの透明電極に印加する電圧を制御すること

により、中心波長の異なる複数種類の光 ($\lambda 1 \sim \lambda 4$) を含む光信号から、波長の異なる光を 1 種類以上任意に選択することができる。

【0079】

(ヌ) 図 12 に示す従来技術では、上述したように、光信号が各フィルタモジュールで反射される度にロスがあり、こうしたロスが加算されていき、選択される順番が後になる光ほど、強度が次第に低下していく。このため、フィルタモジュールを多段に接続してその接続数を多くするほど、選択される各波長の光の損失（光強度の減衰）が大きくなってしまう。

【0080】

これに対して、第 4 実施形態によれば、波長選択モジュール M1 ~ M4 のいずれかで選択される波長の光については、コレステリック液晶 26 で反射される際の反射ロスは多少あるが、選択されない波長の光についてはロスはない。すなわち、各波長の光は、その光が選択される波長選択モジュールのコレステリック液晶 26 に到達するまでは、他の波長選択モジュールのコレステリック液晶 26 をそのまま透過するので、前記到達までの間で強度が次第に低下することはない。

【0081】

このことを具体的に言うと、波長 $\lambda 1$ の光が波長選択モジュール M1 で選択される場合、その他の波長 $\lambda 2 \sim \lambda 4$ の光は、そのモジュール M1 のコレステリック液晶 26 をロスなく透過して対応するモジュール M2 ~ M4 に達する。したがって、各波長の光の強度低下を抑制することができる。その結果、波長選択モジュールを多段に接続して選択可能な波長の種類を増やし、情報量の多い大規模な光通信システムを構築する場合に、特に有効となる。

【0082】

(ル) 各波長選択モジュール M1 ~ M4 は、上述した波長板 40, 41 をそれぞれ備えているので、各モジュール M1 ~ M4 で選択される選択光の反射効率を略 100% にすることができる。これによって、各波長の光の損失をより一層抑制することができ、上記の大規模な光通信システムを構築する場合に、より一層有効となる。

【0083】

[第 5 実施形態]

次に、第 5 実施形態に係る波長選択装置を図 6 及び図 7 に基づいて説明する。

この波長選択装置は、図 1 に示す波長選択モジュール 2 1 と同じ波長選択モジュール M 1 ～ M 4 を複数個（本例では 4 個）備え、中心波長の異なる複数種類の光（ $\lambda 1 \sim \lambda 4$ の光）を含む光信号から、波長の異なる光を 1 種類以上選択するものである。

【 0 0 8 4 】

（オ）本実施形態によれば、上記第 4 実施形態と比較して、各波長選択モジュール M 1 ～ M 4 でそれぞれ選択される選択光の反射効率は 5 0 % 程度になるという点では、不利であるが、波長板 4 0, 4 1 を設けていない分だけ部品点数が少なく、その分低コストで作れるという点では有利である。

【 0 0 8 5 】

[第 6 実施形態]

次に、本発明の第 6 実施形態に係る波長選択装置を図 8 及び図 9 に基づいて説明する。この波長選択装置は、上記第 5 実施形態の波長選択装置と同様に、中心波長の異なる複数種類の光（ $\lambda 1 \sim \lambda 4$ の光）を含む光信号から、波長の異なる光を 1 種類以上選択するものである。

【 0 0 8 6 】

この波長選択装置は、入射側の 1 芯コリメータ 8 0 と、出射側の 1 芯コリメータ 8 1 と、両コリメータ 8 0, 8 1 間に配置され、1 芯コリメータ 8 0 から平行光で出射される光信号のうち、波長の異なる 1 種類以上の光を選択的に反射する液晶セル・ユニット 8 2 とを備える。液晶セル・ユニット 8 2 の入射側及び出射側には、上記波長板 4 0 及び 4 1 がそれぞれ配置されている。また、波長選択装置は、両コリメータ 8 0, 8 1、液晶セル・ユニット 8 2、及び両波長板 4 0, 4 1 を保持するスリーブ等の保持部材（或いはケース）2 5 で一体化されている。そして、波長選択装置は、1 本の光ファイバ 8 3 を介して光サーキュレータ 8 4 と接続されている。

【 0 0 8 7 】

1 芯コリメータ 8 0 は、光サーキュレータ 8 4 と接続された 1 本の光ファイバ

83を保持する1芯キャピラリ85と、ロッドレンズ等のコリメータレンズ86とからなる。一方、1芯コリメータ81は、1本の光ファイバ87を保持する1芯キャピラリ88と、ロッドレンズ等のコリメータレンズ89とからなる。

【0088】

液晶セル・ユニット82は、上記コレステリック液晶26と、同液晶26の対向する表面に設けた一对の透明電極27、27とからなる1組の液晶セル22を複数組(LC1～LC4の4組)積層して構成されている。また、4組の液晶セル22は、互いに異なる特定波長の光を上記第1状態で反射するように作られている。例えば、液晶セルLC1、LC2、LC3、LC4は、上記第1状態で波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 の光をそれぞれ反射するように、すなわち、上述した最大の選択光散乱波長 λ_0 がそれぞれ波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 になるように設定されている。また、複数組の液晶セルLC1～LC4の各透明電極27、27に印加する電圧を個別に変化させる(オン、オフさせる)ことにより、複数組の液晶セルLC1～LC4の少なくとも1つのコレステリック液晶26を第1状態と上記第2状態との間で変化させるようになっている。

【0089】

本例では、上記各実施形態と同様に、各液晶セルLC1、LC2、LC3、LC4では、透明電極27、27間に電圧が印加されているとコレステリック液晶26は上記第2状態になっており、その電圧が印加されなくなると、コレステリック液晶26は上記第1状態に変化するようになっている。したがって、(波長 λ_1 ～ λ_4 の少なくとも1つの波長)を選択する場合には、液晶セルLC1～LC4のうちの選択する波長に対応するものの透明電極27、27の印加電圧を0にすればよい。

【0090】

光サーキュレータ84は、光源側或いは他の光通信用光学素子等から送られて第1端子84aに入射する光信号を、第2端子84bから光ファイバ83を介して1芯コリメータ80へ出射するようになっている。これとともに、光サーキュレータ84は、液晶セル・ユニット82のいずれかの液晶セルLC1～LC4で反射されて1芯コリメータ80から出射され、光ファイバ83を介して第2端子

84bに送られる平行光を、第3端子84cから図示を省略した受光部或いは他の光通信用光学素子へ出射するようになっている。

【0091】

このように構成された第6実施形態によれば、以下の作用効果を奏する。

(ワ) 1種類の光、例えば波長 $\lambda 2$ の光のみを選択する場合には、液晶セルLC2の端子28、28に出力するパルス信号をコントローラ70によりオフにして、同液晶セルLC2の透明電極27、27に印加する電圧のみを0にする。これによって、液晶セルLC2のコレステリック液晶26のみが第1状態になるので、波長板40で右円偏光に変換された光($\lambda 1 \sim \lambda 4$)のうち、波長 $\lambda 2$ の光が液晶セルLC2のコレステリック液晶26で反射され、この反射光は波長板40で無偏光の光に戻され、さらにコリメータレンズ86で平行光にされて光ファイバ83を介して光サーキュレータ84へ出射される。

【0092】

また、波長の異なる2種類以上の光、例えば波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ の光を同時に選択する場合には、液晶セルLC1、LC2の各端子28、28に出力するパルス信号をコントローラ70によりオフにし、その他の液晶セルLC3、LC4の各端子28、28には、パルス信号を出力しておく。これによって、液晶セルLC1、LC2のコレステリック液晶26がそれぞれ第1状態になるので、波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ の光が各液晶セルLC1、LC2のコレステリック液晶26でそれぞれ反射され、これらの反射光は波長板40で無偏光の光にそれぞれ戻され、さらに、平行光にされ光ファイバ83を介して光サーキュレータ84へ出射される。

【0093】

また、波長 $\lambda 3$ の光のみを選択する場合には、液晶セルLC3の各端子28、28に出力するパルス信号をコントローラ70によりオフにする。これによって、液晶セルLC3のコレステリック液晶26のみが第1状態になるので、波長 $\lambda 3$ の光が液晶セルLC3のコレステリック液晶26で反射され、この反射光が波長板40で無偏光の光に戻され、さらに、平行光にされ光ファイバ83を介して光サーキュレータ84へ出射される。

【0094】

したがって、各液晶セルLC1～LC4の透明電極27、27に印加する電圧を制御することにより、中心波長の異なる複数種類の光($\lambda 1 \sim \lambda 4$)を含む光信号から、波長の異なる光を1種類以上任意に選択することができる。

【0095】

(カ) 液晶セル・ユニット82の入射側及び出射側に波長板40、41をそれぞれ設けてあるので、各液晶セルLC1～LC4では、右円偏光にそれぞれ変換された各波長の光が対応する液晶セルのコレステリック液晶26で反射される。このため、各液晶セルLC1～LC4で選択される選択光の反射効率を略100%にすることができる。これとともに、液晶セル・ユニット82を構成する液晶セルの組数を増やす場合でも、波長板40、41は液晶セル・ユニット82の入射側と出射側に1つずつ設ければよいので、液晶セルを増やしても波長板を増やす必要がない。したがって、各液晶セルで選択される各波長の光の損失をより抑制することができるとともに、少ない部品点数で上記の大規模な光通信システムを構築することができる。

【0096】

(コ) 複数組の液晶セルLC1～LC4を積層して構成される液晶セル・ユニット82を、1芯コリメータ80とコリメータ81との間に配置してあるので、コリメータとして、入射側の1個(80)と出射側の1個(81)の2個だけでよい。したがって、液晶セル・ユニット82を構成する液晶セルの組数を増やす場合でも、コリメータは両コリメータ80、81の2個だけでよく、部品点数が少なく、製造コストを低減することができ、小型化も図ることができる。

【0097】

(ク) 光サーキュレータ84を用いることにより、同光サーキュレータ84と波長選択装置との間を1本の光ファイバ83で接続できるので、液晶セル・ユニット82の入射側には、2芯コリメータではなく1芯コリメータ80を設ければよい。このため、入射側の1芯コリメータ80と出射側のコリメータ81との調芯作業が容易になるとともに、構成の簡略化を図ることができる。

【0098】

[変形例]

なお、以上説明した各実施形態は、以下のように構成を変更して実施することができる。

【 0 0 9 9 】

・上記各実施形態では、液晶セル 2 2 の透明電極 2 7, 2 7 に電圧が印加されている間、液晶セル 2 2 が上記第 2 状態にあり、その電圧の印加がなくなると、液晶セル 2 2 が上記第 1 状態になって特定波長の光を反射するようにしてある。これとは逆に、液晶セル 2 2 の透明電極 2 7, 2 7 に電圧が印加されていない間、液晶セル 2 2 が上記第 2 状態にあり、透明電極に電圧が印加されると、液晶セル 2 2 が第 1 状態になるように構成してもよい。

【 0 1 0 0 】

・上記第 1 の実施形態において、上記各実施形態では、液晶セル 2 2 の透明電極 2 7, 2 7 に印加する電圧を変化させることにより、液晶セル 2 2 を第 1 状態と第 2 状態との間で変化させるようにしているが、液晶セル 2 2 に加える電圧以外の物理的エネルギーを変化させて液晶セル 2 2 を前記 2 つの状態間で変化させてもよい。物理的エネルギーとしては、例えば、熱、磁界、力等が挙げられる。

【 0 1 0 1 】

・上記各実施形態では、液晶セル 2 2 の液晶として、コレステリック液晶を用いているが、コレステリック液晶に代えて、同液晶と同等の光学特性を有するカイラルネマチック液晶を用いてもよい。

【 0 1 0 2 】

上記各実施形態では、コレステリック液晶 2 6 として右旋性のもの、したがってそのヘリカル方向が右のものを用いているが、同液晶 2 6 として、左旋性のもの、したがってそのヘリカル方向が左のものを用いてもよい。

【 0 1 0 3 】

・図 4, 図 6 にそれぞれ示す上記第 4, 第 5 実施形態では、波長選択モジュールを M 1 ~ M 4 の 4 つ設けてあるが、同モジュールの数は 4 つに限定されず、2 以上であればよい。

【 0 1 0 4 】

・図 8 及び図 9 に示す上記第 6 実施形態では、液晶セル・ユニット 8 2 の液晶

セルを LC 1 ～ LC 4 の 4 組設けてあるが、同液晶セルの数は 4 つに限定されず、2 つ以上であればよい。

【0 1 0 5】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項 1 に係る発明によれば、特定波長の光の選択及び非選択の切替えが可能になり、光通信用光学素子として広い用途で使うことができる。

【0 1 0 6】

請求項 1 0 又は 1 3 に係る発明によれば、中心波長の異なる複数種類の光を含む光信号から、波長の異なる光を 1 種類以上任意に選択することができる。これとともに、各波長の光の強度低下を抑制することができ、選択可能な波長の種類を増やし、情報量の多い大規模な光通信システムを構築する場合に、特に有効となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 第 1 実施形態に係る波長選択モジュールを示す概略構成図。

【図 2】 第 2 実施形態に係る波長選択モジュールを示す概略構成図。

【図 3】 第 3 実施形態に係る波長選択モジュールを示す概略構成図。

【図 4】 第 4 実施形態に係る波長選択装置を示す概略構成図。

【図 5】 図 4 の波長選択装置の一部を詳細に示した概略構成図。

【図 6】 第 5 実施形態に係る波長選択装置を示す概略構成図。

【図 7】 図 6 の波長選択装置の一部を詳細に示した概略構成図。

【図 8】 第 6 実施形態に係る波長選択装置を示す概略構成図。

【図 9】 図 8 の波長選択装置の一部を詳細に示した概略構成図。

【図 1 0】 コレステリック液晶の光学的性質を示すグラフ。

【図 1 1】 従来のフィルタモジュールを示す概略構成図。

【図 1 2】 従来の波長選択装置を示す概略構成図。

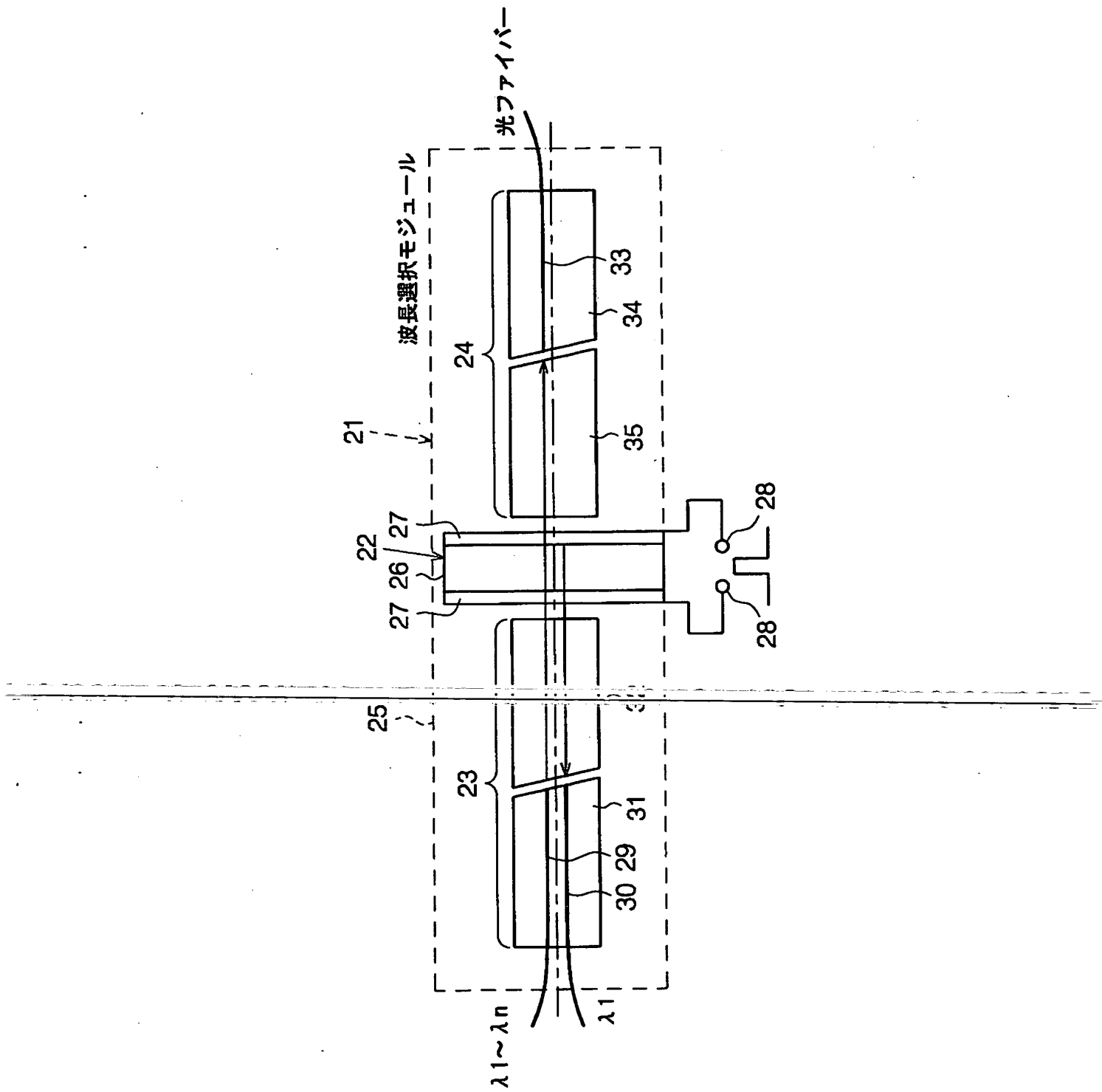
【符号の説明】

2 1, 2 1 A, 2 1 B, M 1 ～ M 4 …波長選択モジュール、2 2, LC 1 ～ LC 4 …液晶セル、2 3 … 2 芯コリメータ、2 4, 5 0 ～ 5 2 … 1 芯コリメータ、

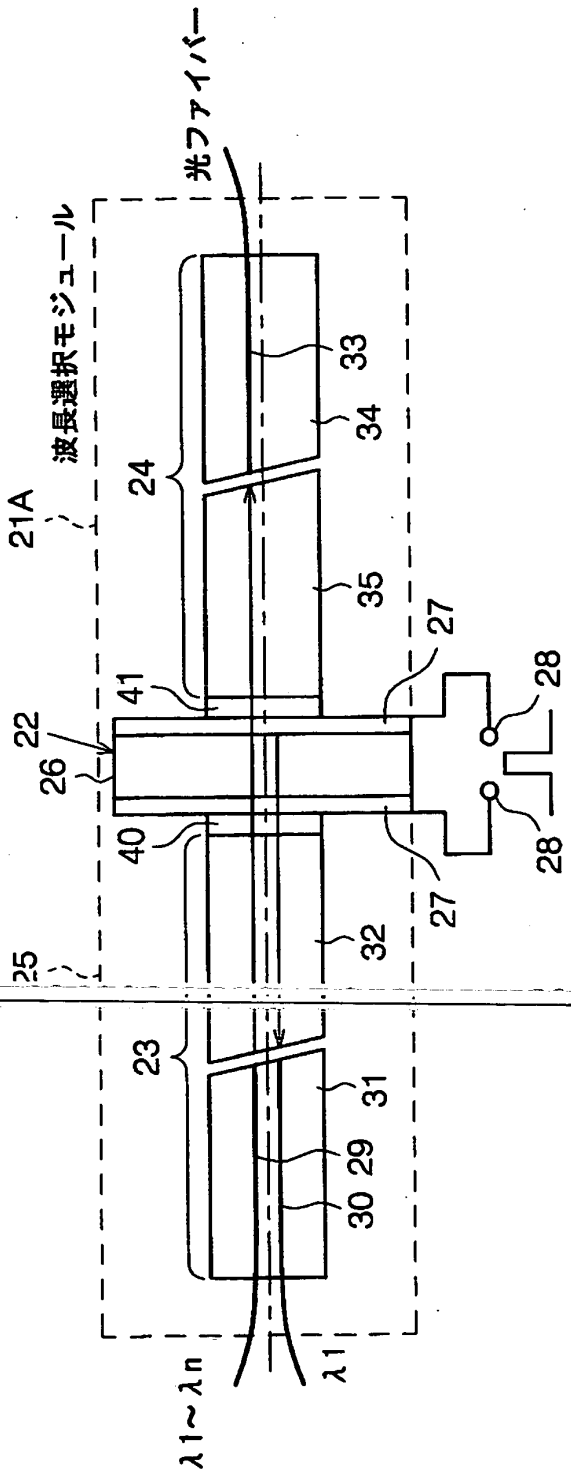
2 6 … コレステリック液晶、2 7 … 透明電極、4 0, 4 1 … 波長板、8 2 … 液晶セル・ユニット、8 3 … 光ファイバ、8 4 … 光サーキュレータ、8 4 a, 8 4 b, 8 4 c … 端子。

【書類名】 図面

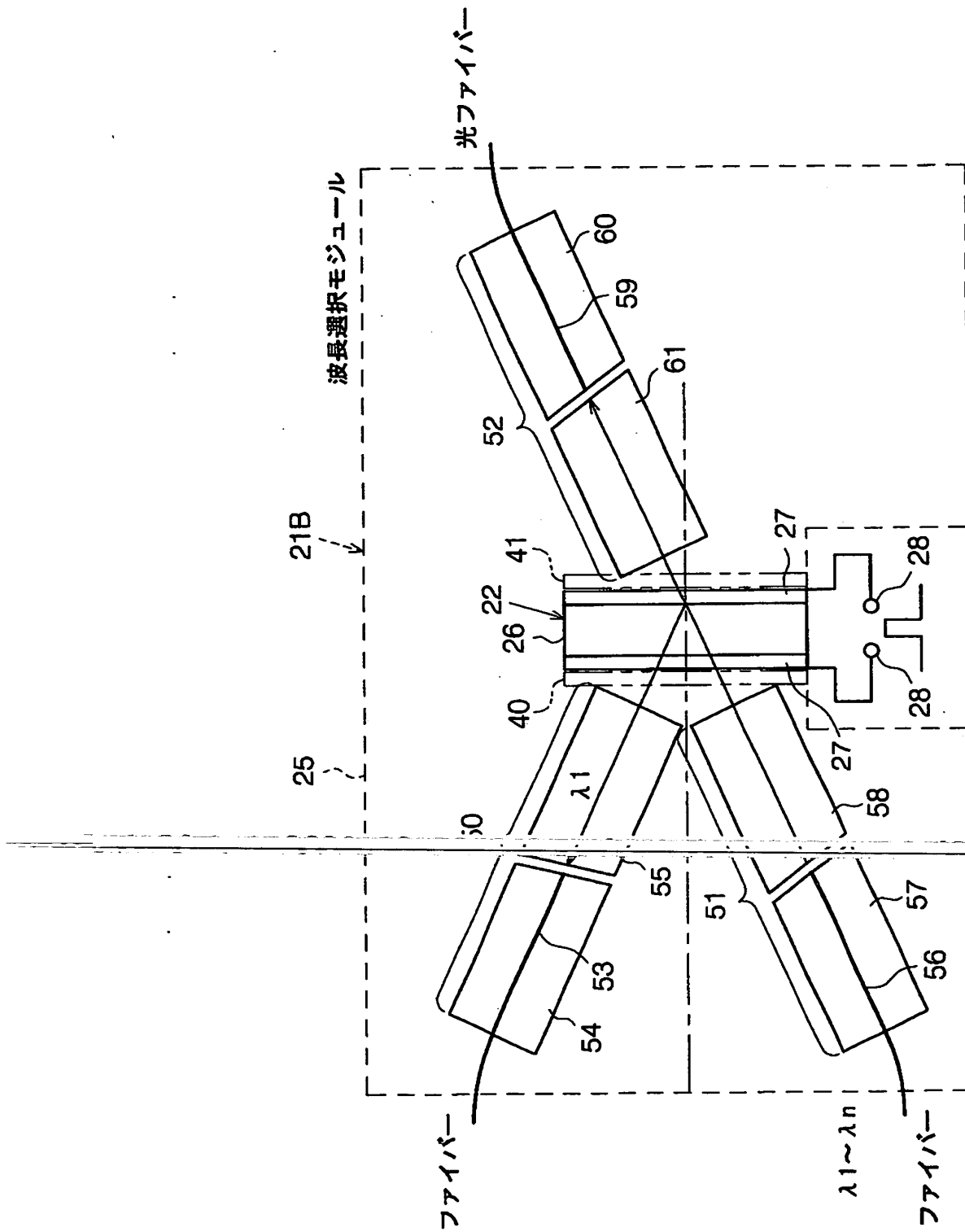
【図 1】



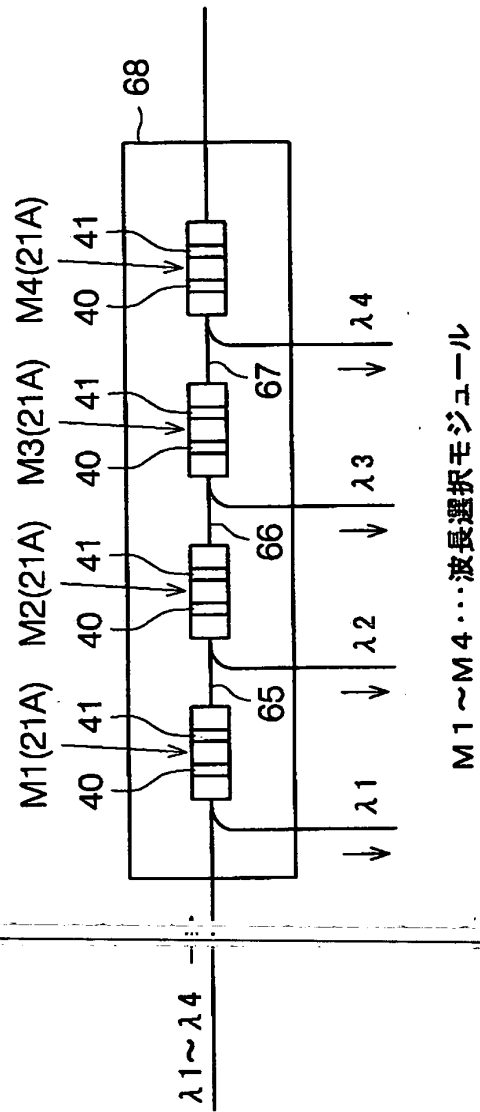
【図2】



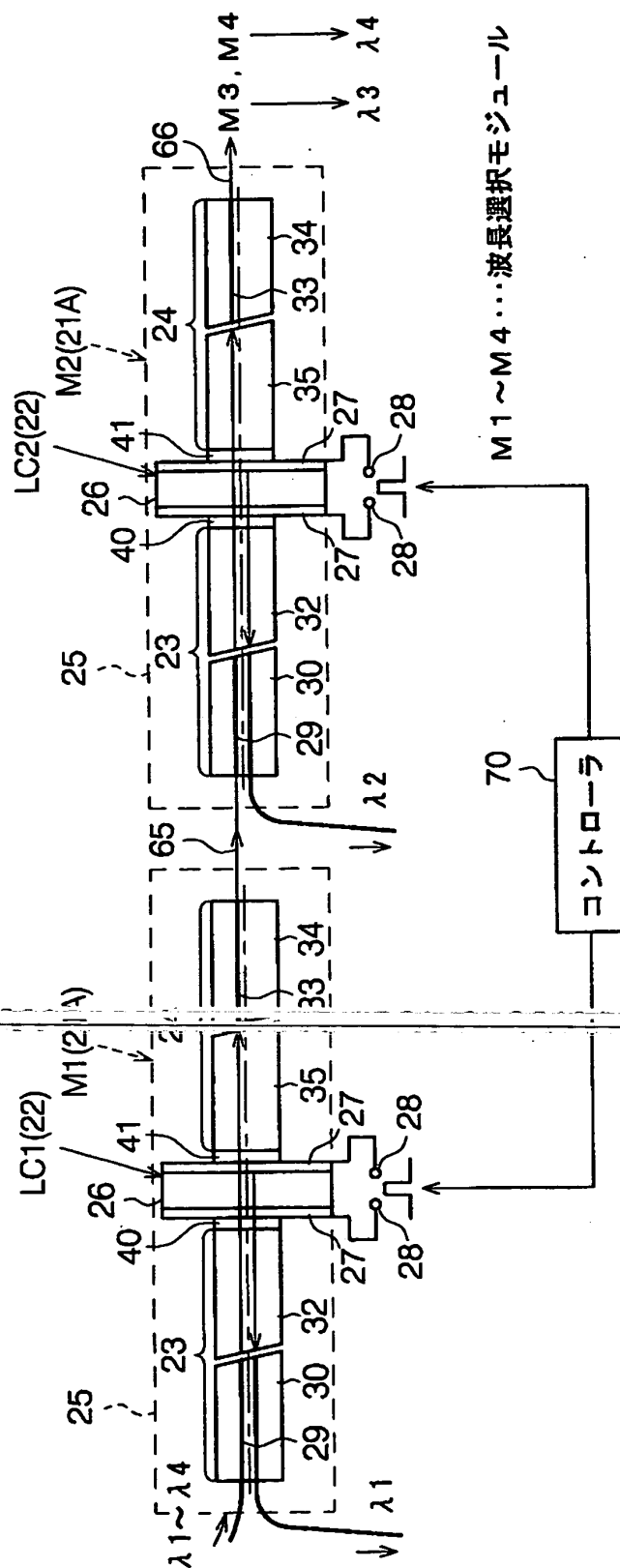
【図3】



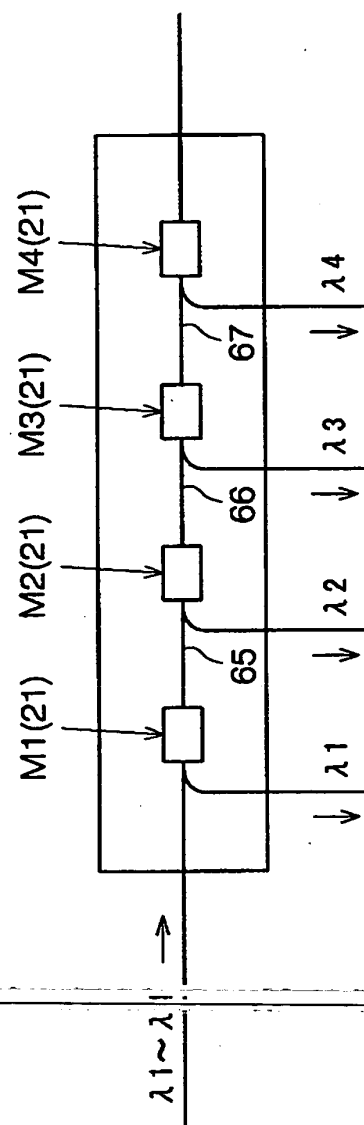
【図4】



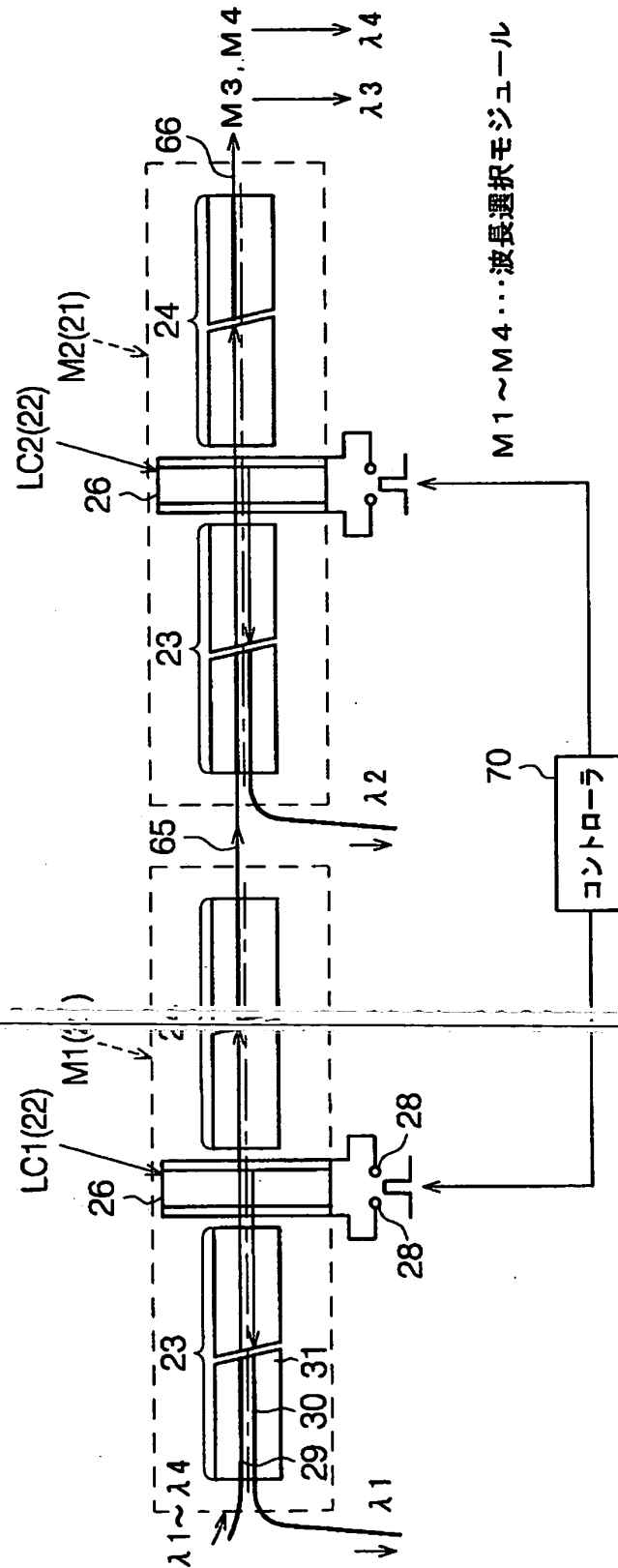
【図 5】



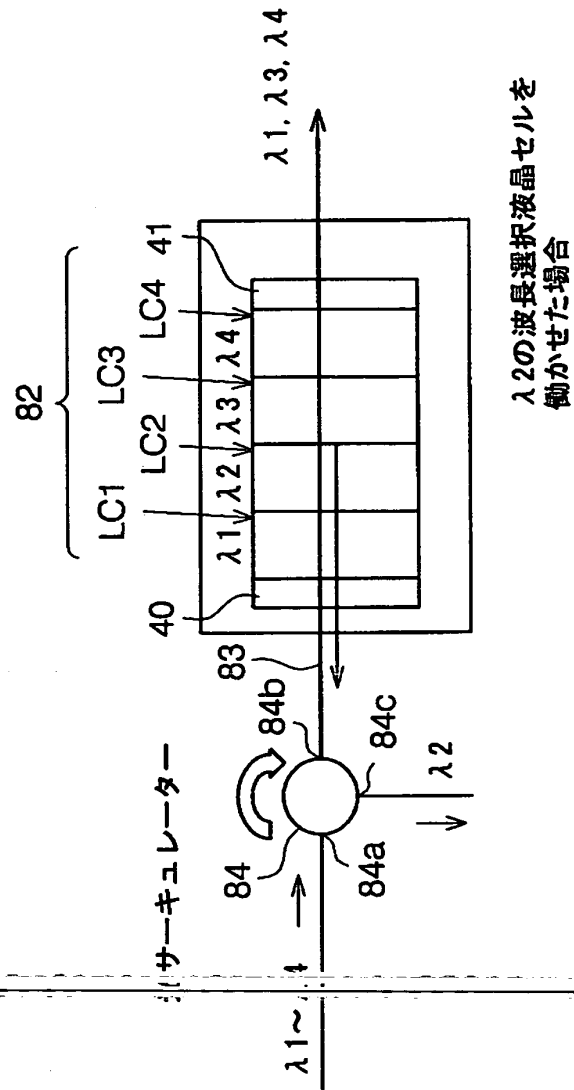
【図6】



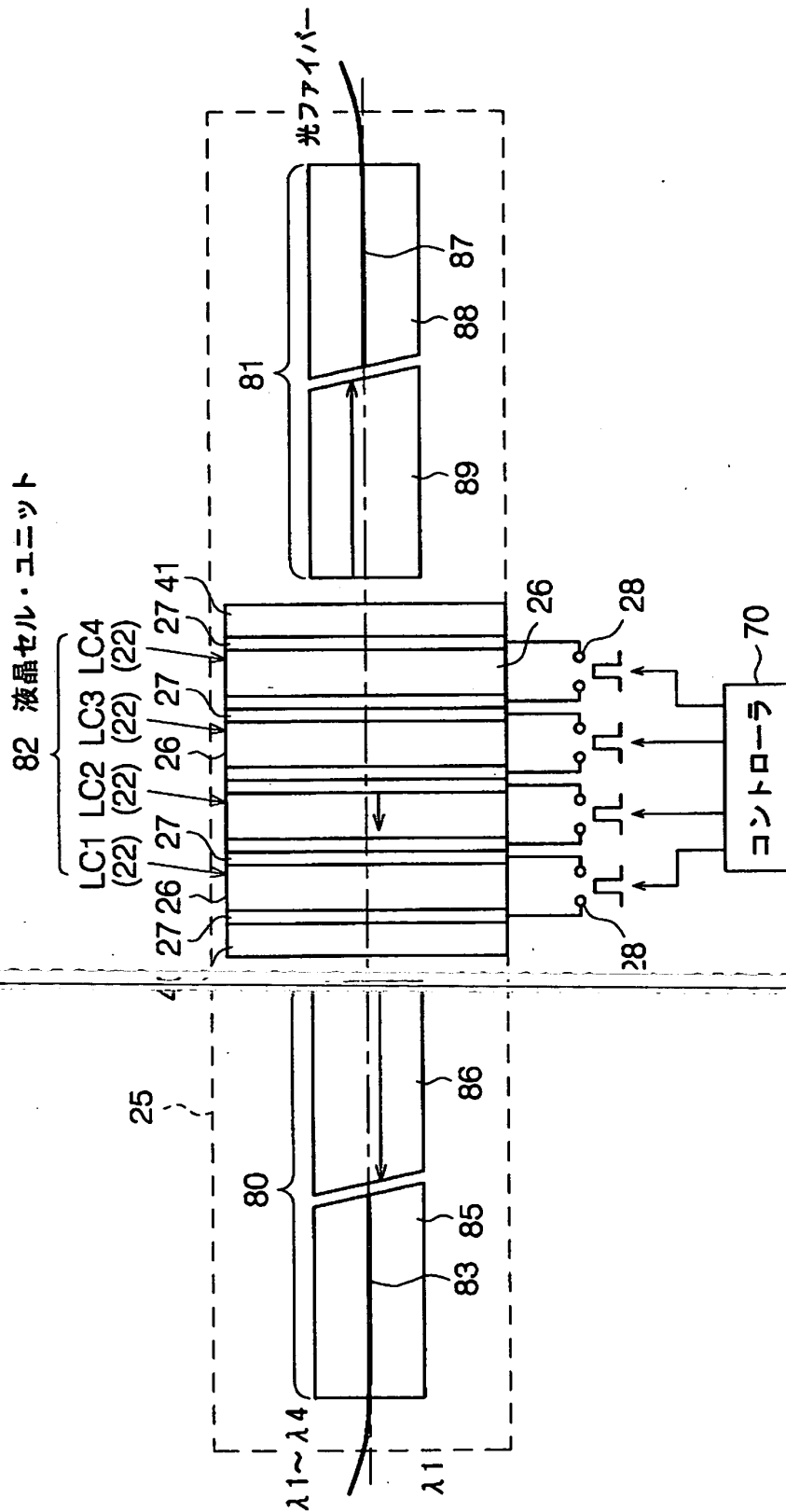
【図7】



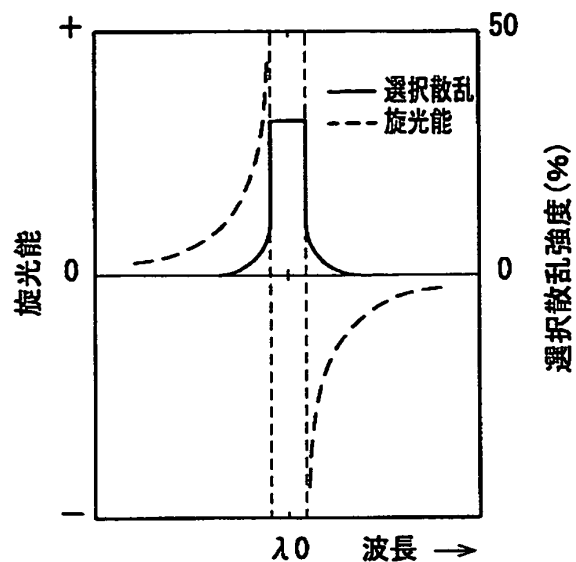
【図 8】



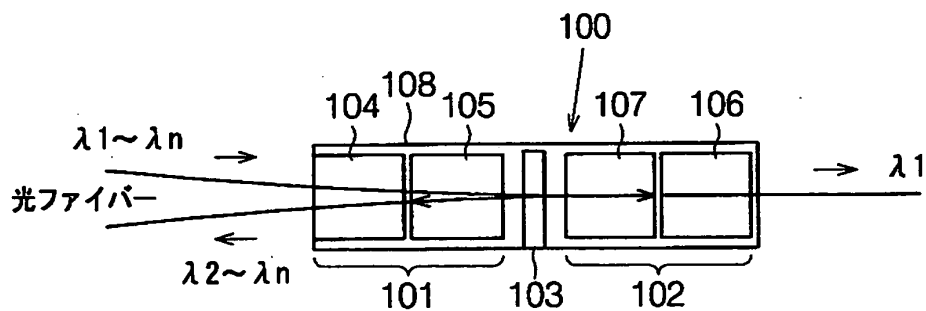
【図9】



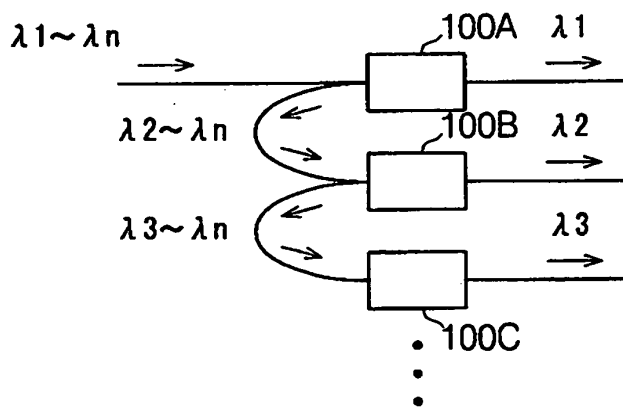
【図10】



【図11】



【図12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 特定波長の光の選択及び非選択を切替え可能な波長選択モジュールを提供し、及び中心波長の異なる複数種類の光を含む光信号から 1 種類以上の光を任意に選択可能で、選択光の強度低下を抑制できる波長選択装置の提供すること。

【解決手段】 光信号から特定波長の光を選択する波長選択モジュール 2 1 は、2 芯コリメータ 2 3 と、同コリメータから平行光で出射される光信号のうちの特定波長の光を左右の円偏光に分け、ヘリカル方向と同じ旋光方向の円偏光を反射する第 1 状態と、光信号が透過する第 2 状態との間で、透明電極 2 7 に印加する電圧に応じて変化するコレステリック液晶 2 6 を有する液晶セル 2 2 とを備える。液晶 2 6 に電圧が印加されなくなると、同液晶 2 6 が第 1 状態に変化し、特定波長の光が液晶 2 6 で反射させ取り出される。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004008]

1. 変更年月日 1990年 8月22日
[変更理由] 新規登録
住 所 大阪府大阪市中央区道修町3丁目5番11号
氏 名 日本板硝子株式会社
2. 変更年月日 2000年12月14日
[変更理由] 住所変更
住 所 大阪府大阪市中央区北浜四丁目7番28号
氏 名 日本板硝子株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [592196282]

1. 変更年月日 1992年 8月21日
[変更理由] 新規登録
住 所 福島県福島市岡島字長岬6-7
氏 名 ナノックス株式会社